

Integration einer Schichtlüftungsanlage in einem OP-Raum



Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Detzer,
Imtech Deutschland GmbH & Co.
KG, Forschung und Entwicklung,
Hamburg

Insbesondere in OP-Räumen, in denen aseptische Eingriffe vorgenommen werden, fordert die aktuelle DIN 1946, Teil 4 eine lufttechnische Versorgung des OP-Bereiches über Zuluftfelder, über die eine großflächige turbulenzarme Verdrängungsströmung aufgebaut werden soll.

Die Ausströmfläche beträgt dabei ca. $3,2 \times 3,2 \text{ m}^2$.

Hierdurch soll verhindert werden, dass aufgrund von Induktionsprozessen an den Randbereichen der Verdrängungsströmung vermehrungsfähige Keime in das OP-Feld eingetragen werden.

Der mit der Vergrößerung des turbulenzarmen Strömungsfeldes gegenüber dem bisherigen Stand der Technik vorhandene Nachteil liegt darin, dass relativ große Luftströme bewegt werden müssen, während der Temperaturabstand zwischen Raumluft und Zuluft sehr gering bleibt, was durchaus zu Instabilitäten im Strömungsfeld führt.

Der Zuluftstrom liegt bei üblichen Abströmgeschwindigkeiten von ca. $0,25 \text{ m/s}$ bei ca. $9000 \text{ m}^3/\text{h}$, der sich aus dem Außenluftanteil und einem recht hohen Anteil an Umluft zusammensetzt.

Zusätzliche Störungen ergeben sich durch im Luftstrom befindliche luftundurchlässige Störstellen, wie sie z.B. durch die OP-Leuchten oder im Luftstrom befindliche Monitore hervorgerufen werden. Unterhalb dieser Störstellen bilden sich Rückströmungen heraus, die bis zum Dreifachen der Breite der Störstelle reichen.

Einen weiteren Störfaktor bilden im Luftstrom befindliche Wärmequellen wie z.B. OP-Personal oder wärmeabgebende Geräte.

An diesen Wärmequellen entstehen Auftriebströmungen, die der turbulenzarmen Luftströmung über dem OP-Feld entgegen gerichtet sind. Auch hierdurch sind störende Einflüsse auf die Verdrängungsströmung gegeben, denen man mit einer Erhöhung des Austrittsimpulses am Deckenfeld begegnet.

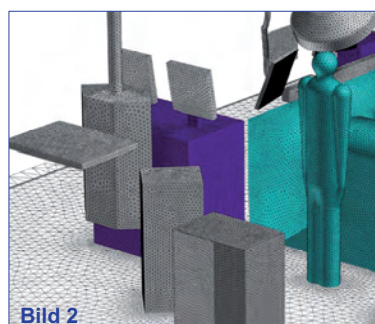
Aufgrund der zuvor beschriebenen Störeinflüsse

bei turbulenzarmen Verdrängungsströmungen über OP-Decken konnte in mehreren Studien und Messungen in den vergangenen Jahren gezeigt werden, dass ausreichende Schutzwirkungen unter realen OP-Bedingungen im Schutzbereich nicht zu erreichen sind. So entstand die Überlegung, die in zahlreichen anderen Anwendungsfällen sich bestens bewährte Schichtenströmung auch in OP-Bereichen zu erproben.

Schichtenströmungen im Raum entstehen durch natürliche Thermikströmungen an Wärmequellen. Die an den Wärmequellen erwärmte Luft strömt aufgrund ihrer geringeren Dichte nach oben in Richtung zur Raumdecke ab und bildet oberhalb der Wärmequelle einen Thermikstrahl. Dieser Thermikstrahl induziert analog zu einem Luftfreistrahler Raumluft aus der Umgebung und vergrößert dabei mit größer werdender Lauflänge sein Volumen. Diese Volumenzunahme verläuft deutlich überproportional. Wird nun die durch Thermik nach oben bewegte und die bis zu einer entsprechenden Raumhöhe durch Induktion in den Thermikstrahl eingemischte Luft abgesaugt und durch nachströmende Luft im unteren Raumbereich ersetzt, bilden sich zwei durchaus voneinander getrennte Luftschichten aus. Die im unteren Raumbereich befindliche Luftschicht besitzt nahezu Zuluftqualität, während die unterhalb der Raumdecke entstehende Schicht höhere Temperaturen und auch eventuell im Raum freigesetzte vermehrungsfähige Keime, Staub etc. enthalten kann. Unterhalb



Bild 1 Ansicht des CFD-Modells des Operationssaals



Detailansicht des CFD-Modells des Operationssaals

Die Abbildung zeigt eine der in der Simulationsvariante um den Operationstisch angeordneten Personen, ein Deckenstativ, das Narkosegerät, den Sauger sowie einen Teil des Operationstisches mit Sichtschutz, Lampe und einem Bildschirm.

Die Auflösung der Oberflächen des CFD-Modells ist durch das in schwarz dargestellte Oberflächengitter zu erkennen.

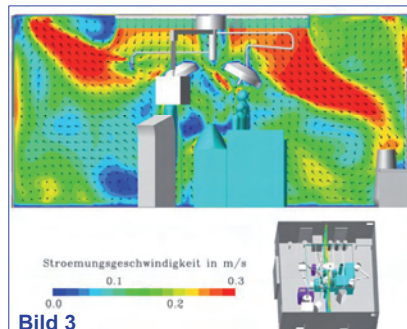


Bild 3

Frischlufte: $2700 \text{ m}^3/\text{h}$
Umluft: $6000 \text{ m}^3/\text{h}$

Innerhalb des Schutzbereiches treten Rückströmungen und aufwärts gerichtete, durch Wärmeeintrag hervorgerufene Strömungen auf.

Teile der TAV werden frühzeitig umgelenkt und von den Umluft Ausgängen erfasst.

Ist-Zustand:
Strömungsbild des Schutzbereiches

einer Partikelgröße von 10 bis 15 Mikrometer sind Partikel und Keime schwebfähig. Es ist daher keine Tendenz zur Sedimentation erkennbar, sodass ein Rücktransport in die untere Raumschicht ausgeschlossen werden kann.

Wird der oben abgesaugte und der im unteren Raumbereich nachgeführte Luftstrom so gewählt, dass sich die Schichtgrenze oberhalb des OP-Bereiches einstellt, lässt sich die erforderliche Schutzwirkung gemäß DIN 1946, Teil 2 (Schutzgrad >2 mit eingeschwenkten OP-Leuchten) mit einem um ca. 30 % geringeren Zuluftstrom erreichen.

Das Anlagenkonzept ist zum Patent angemeldet.

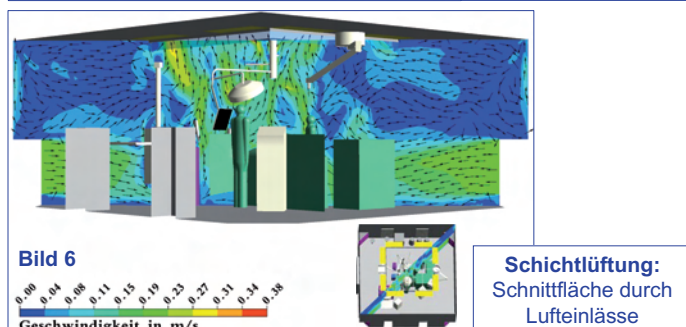
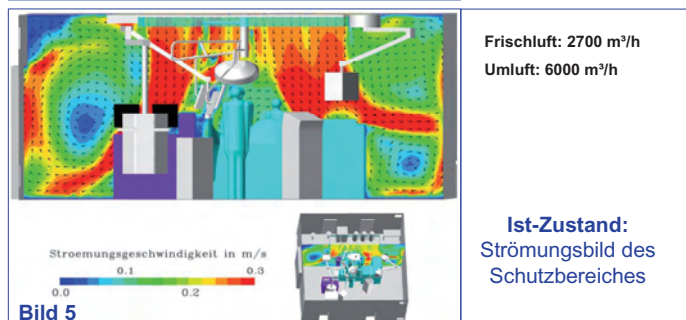
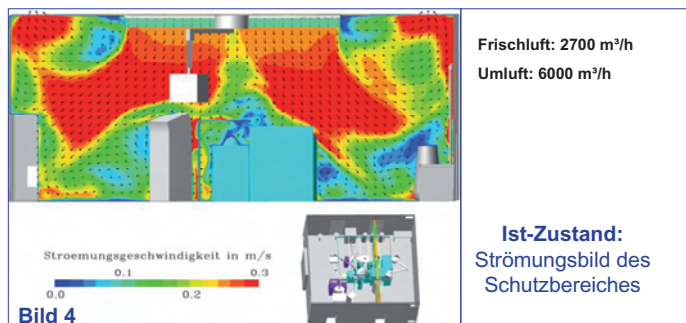
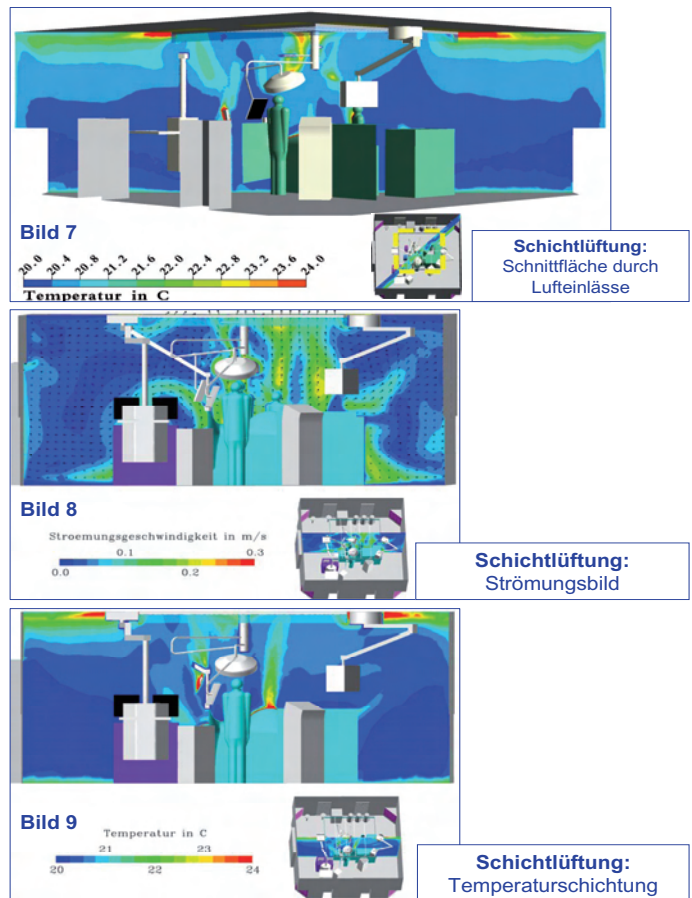
Auch der thermische Komfort für das OP-Personal ist

deutlich verbessert, dadurch, dass die Raumluftgeschwindigkeiten sehr geringe Werte annehmen und die Höhe der Raumlufttemperatur im Arbeitsumfeld ausschließlich durch die Zulufttemperatur bestimmt ist.

Ein weiterer Vorteil ist die Tatsache, dass während des OP-Vorganges freiwerdende geruchsintensive Stoffe unmittelbar nach oben abgeführt und aus dem Raum abtransportiert werden, ohne dass sie erst sich großflächig im Raum verteilen.

Die Bilder 18 bis 24 zeigen einige Strömungsbilder mit TAV und mit Schichtlüftung, ermittelt durch Rauchzugabe in einem OP-Versuchsraum.

Bild 18 zeigt einen Blick in den Versuchsraum, ausgestat-



tet mit allen technischen Einrichtungen.

In Bild 19 ist die weitgehend ungestörte turbulenzarme Verdrängungsströmung im Randbereich des Deckenfeldes zu sehen.

In den Bildern 20 und 21 ist die Störung der Strömung durch die OP-Leuchten erkennbar. Während unterhalb der Leuchten eine aufwärtsgerichtete Strömung auftritt, findet neben den Leuchten eine Abwärtsströmung statt.

Die an den Leuchten umgelenkte Aufwärtsströmung wird in die abwärtsgerichtete Strömung eingemischt und im Raum verteilt.

Die Bilder 22 bis 24 zeigen deutlich das Prinzip der Schichtlüftung.

Die an den Wärmequellen erwärmte und teilweise kon-

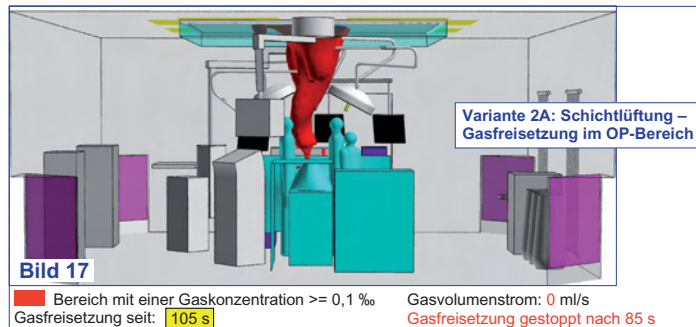
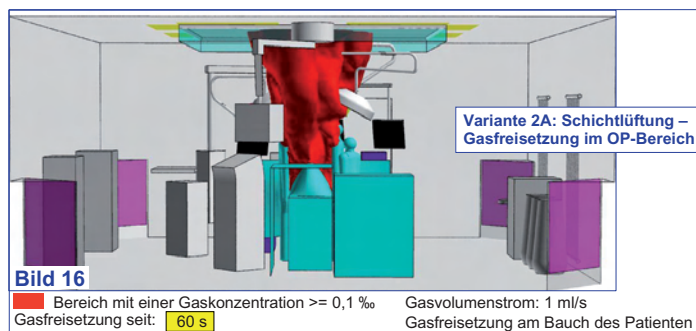
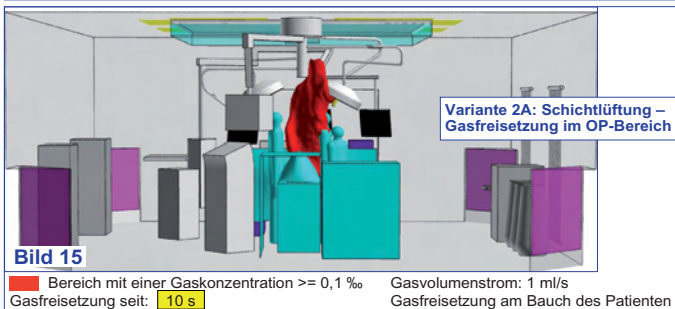
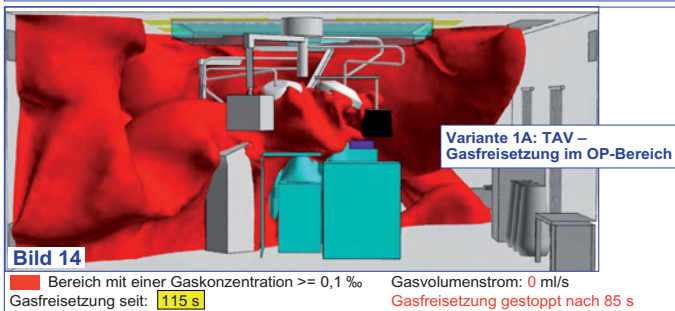
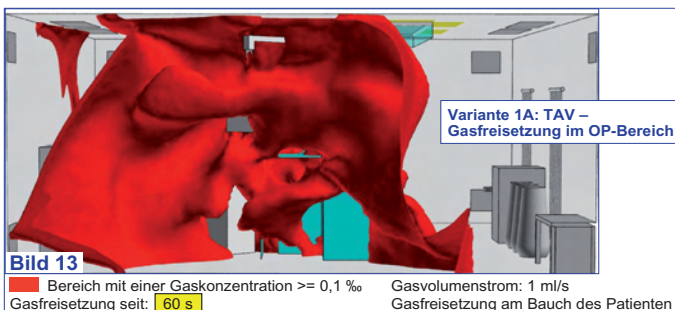
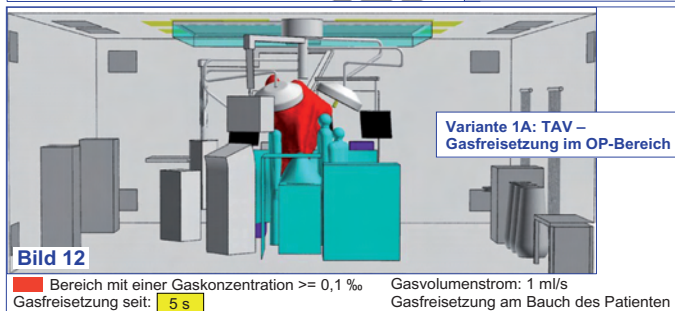
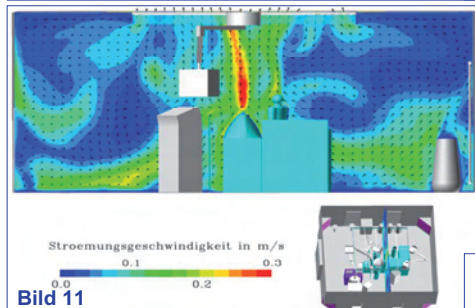
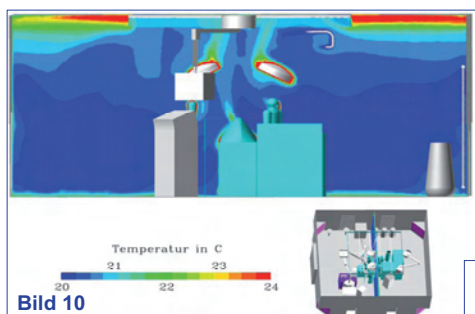
taminierte Luft strömt nach oben ab, wird dort abgesaugt und durch nachströmende unkontaminierte Luft ersetzt.

Die Bilder 1 bis 17 sind einer CFD-Studie entnommen und verdeutlichen die Strömungsprinzipien.

Die Bilder 3 bis 5 lassen die Raumströmung mit Auslassdeckenfeld erkennen.

Die Strömungsverhältnisse mit Schichtlüftung sowie die Temperaturverteilung im Raum zeigen die Bilder 6 bis 11 in Längs- und Querschnitt.

In den Bildern 12 bis 17 ist die Gasausbreitung im Raum mit turbulenzarmer Verdrängungsströmung und mit Schichtlüftung im Vergleich gezeigt. Aus diesen Bildern wird der Unterschied der beiden Strömungsformen besonders deutlich.



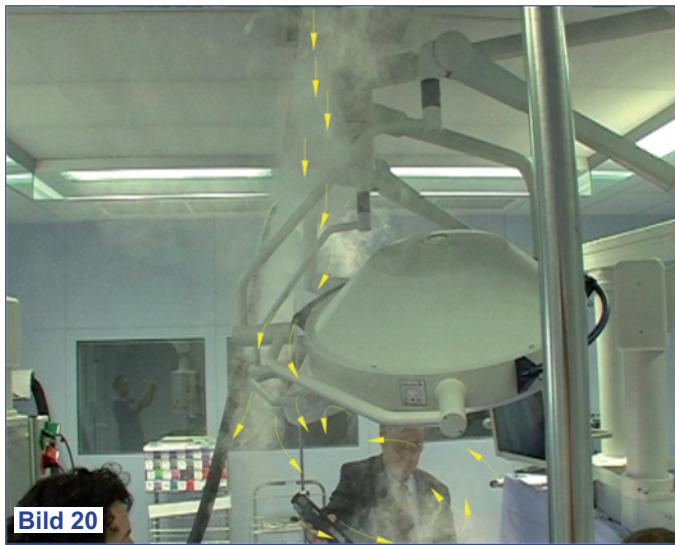


Bild 20



Bild 21



Bild 22

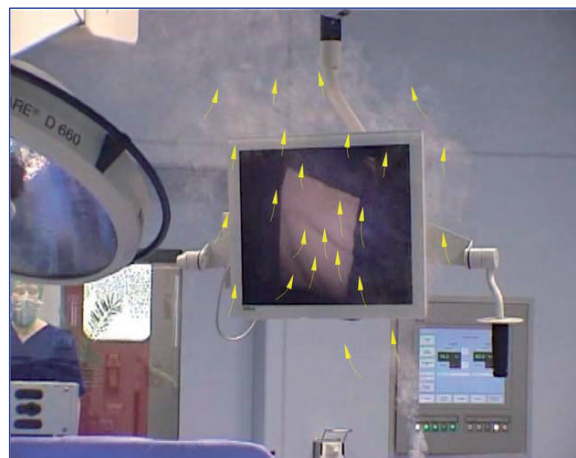


Bild 23



Bild 24